

PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of

Yoshinori YAMAGUCHI

Application No.: 10/721,457

Filed: November 26, 2003

Docket No.: 117862

For: RANGE FINDER AND METHOD



CLAIM FOR PRIORITY

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

The benefit of the filing dates of the following prior foreign applications filed in the following foreign country(ies) is hereby requested for the above-identified patent application and the priority provided in 35 U.S.C. §119 is hereby claimed:

Japanese Patent Application No. 2002-359809 filed December 11, 2002

Japanese Patent Application No. 2003-079167 filed March 20, 2003

In support of this claim, certified copies of said original foreign applications:

☒ are filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 U.S.C. §119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of these documents.

Respectfully submitted,

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Thom Oliff".

James A. Oliff
Registration No. 27,075

Thomas J. Pardini
Registration No. 30,411

JAO:TJP/emt

Date: February 20, 2004

OLIFF & BERRIDGE, PLC
P.O. Box 19928
Alexandria, Virginia 22320
Telephone: (703) 836-6400

**DEPOSIT ACCOUNT USE
AUTHORIZATION**

Please grant any extension
necessary for entry;

Charge any fee due to our
Deposit Account No. 15-0461

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 3月20日
Date of Application:

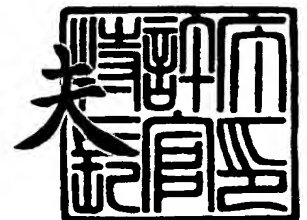
出願番号 特願2003-079167
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP 2003-079167]

出願人 富士ゼロックス株式会社
Applicant(s):

2004年 1月 9日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井 康



出証番号 出証特2003-3110170

【書類名】 特許願

【整理番号】 FE03-00216

【提出日】 平成15年 3月20日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01B 11/24

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県足柄上郡中井町境 4 3 0 グリーンテクなかい
富士ゼロックス株式会社内

【氏名】 山口 義紀

【特許出願人】

【識別番号】 000005496

【氏名又は名称】 富士ゼロックス株式会社

【電話番号】 0462-38-8516

【代理人】

【識別番号】 100086531

【弁理士】

【氏名又は名称】 澤田 俊夫

【電話番号】 03-5541-7577

【選任した代理人】

【識別番号】 100093241

【弁理士】

【氏名又は名称】 宮田 正昭

【選任した代理人】

【識別番号】 100101801

【弁理士】

【氏名又は名称】 山田 英治

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2002-359809

【出願日】 平成14年12月11日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 038818

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9605865

【包括委任状番号】 0006675

【包括委任状番号】 0006676

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 三次元画像撮像装置および方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 直線偏光光を対象物に投射する投光手段と、該投光手段に対し主点を異なる位置に配置した一乃至複数の撮像手段と、該対象物からの反射光において一つの偏光方位を有する光を選択する偏光方位選択手段とを有し、該一乃至複数の撮像手段は、該対象物からの反射光のうち該偏光方位選択手段にて選択された光に基づく反射像を撮像し、該反射像に基づいて該対象物の三次元形状を計測することを特徴とする三次元画像撮像装置。

【請求項 2】 該投光手段の主点位置に対し略同主点に配置された同主点撮像手段をさらに有し、上記同主点撮像手段は、該対象物からの反射光のうち該偏光方位選択手段にて選択された光に基づく反射像を撮像することを特徴とする請求項 1 記載の三次元画像撮像装置。

【請求項 3】 上記投光手段は、符号化されたストライプパターンを上記対象物に投射し、さらに、上記投光手段の主点と当該主点とが上記ストライプパターンの長さ方向に沿うように当該主点を変移させた主点変移撮像手段とを有し、上記主点変移撮像手段は、該対象物からの反射光のうち該偏光方位選択手段にて選択された光に基づく反射像を撮像することを特徴とする請求項 1 記載の三次元画像撮像装置。

【請求項 4】 該直線偏光の偏光方位に対する該偏光方位選択手段が選択した偏光方位の角度を相対的に変化させる角度調整手段を具備する請求項 1, 2 または 3 記載の三次元画像撮像装置。

【請求項 5】 該角度調整手段は該投光手段を回転させる回転機構を含む請求項 4 のいずれかに記載の三次元画像撮像装置。

【請求項 6】 該角度調整手段は該偏光方位選択手段を回転させる回転機構を含む請求項 4 または 5 のいずれかに記載の三次元画像撮像装置。

【請求項 7】 該直線偏光の偏光方位に対する該偏光方位選択手段が選択する偏光方位の角度は、略垂直である請求項 1, 2 または 3 記載の三次元画像撮像装置。

【請求項 8】 該角度調整手段により該対象物からの反射光に含まれる鏡面反射光を除去した光からなる反射像を撮像する請求項 4, 5 または 6 記載の三次元画像撮像装置。

【請求項 9】 該投光手段は、光源と光整形光学系と偏光変換光学系とから構成される請求項 1～8 のいずれかに記載の三次元画像撮像装置。

【請求項 10】 該投光手段は、光源と光整形光学系と偏光フィルタとから構成される請求項 1～8 のいずれかに記載の三次元画像撮像装置。

【請求項 11】 該偏光方位選択手段に偏光フィルタを用いた請求項 1～10 のいずれかに記載の三次元画像撮像装置。

【請求項 12】 該直線偏光光を用いて符号化された複数のストライプ光を投射する請求項 1～11 のいずれかに 9 記載の三次元画像撮像装置。

【請求項 13】 直線偏光光を対象物に投射する投光手段と、該投光手段の主点位置に対し略同主点に配置された同主点撮像手段と、該投光手段の主点位置に対し同主点でない位置に配置された一乃至複数の非同主点撮像手段と、一つの偏光方位を有する光を選択する偏光方位選択手段とを有し、該同主点撮像手段および該一乃至複数の非同主点撮像手段は、該対象物からの反射光において該偏光方位選択手段にて選択された光のみをモニタし、該モニタした像に基づいて該対象物の三次元形状を計測することを特徴とする三次元画像撮像装置。

【請求項 14】 直線偏光光を投射する投光手段を用いて対象物に投光し、該投光手段と主点を異なる位置に配置された一乃至複数の撮像手段を用いて、該対象物からの反射光のうち一つの偏光方位を有する光を選択する偏光方位選択手段にて選択された光に基づく反射像を撮像し、該反射像に基づいて対象物の三次元形状を計測することを特徴とする三次元画像撮像方法。

【請求項 15】 直線偏光光を投射する投光手段を用いて対象物に投射し、該投光手段の主点位置に対し略同主点に配置された同主点撮像手段と、該投光手段の主点位置に対し同主点でない位置に配置された一乃至複数の非同主点撮像手段を用いて、該対象物からの反射光のうち一つの偏光方位を有する光を選択する偏光方位選択手段により選択された光をモニタし、該モニタした像に基づいて対象物の三次元形状を計測することを特徴とする三次元画像撮像方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は一乃至複数のカメラによる三角測量法により輝度情報とともに距離情報を入手する三次元画像撮影装置およびに方法係り、偏光光学系を用いることにより計測点数を増やしかつ計測精度を向上させるようにしたものである。

【0002】

【従来の技術】

対象物の形状を測定する手法は、パッシブ手法（三角測量法，shape from X）とアクティブ手法（光飛行時間測定法，三角測量法）に大別される。パッシブ手法とアクティブ手法の違いは、対象物に対し何らかなエネルギーを照射するか否かの差である。一般的にアクティブ手法は、計測のあいまいさを除去できるためパッシブ手法に比べてノイズに強い計測手法と言える。

【0003】

両者の手法においてそれぞれ存在する三角測量法は、基線長とその両端から対象物上の計測点を結んだ直線のなす角により、計測点までの距離を求める幾何学的手法である。アクティブ型の三角測量法の中には複数のコード化されたストライプパターン光を照射するマルチパターン投射方式と呼ばれる計測手法が提案されている（非特許文献1）。

【0004】

この方式の構成図を図11に示す。図11において、光の濃淡、色などにてコード化された複数のストライプ光を投光系11により対象物12に投射し、2眼のステレオ視により形状計測を一括で行う方式である。対象物12上にて反射された複数のストライプ反射像を左右の第1の撮像系13および第2の撮像系14にて撮像し、取得された二つの画像を比較することにより、対象物12上の対応点を決定する。対応点が求めれば先に示した幾何学的手法により、対象物12までの距離が求まる。

【0005】

ここで投射光には図12に示すように様々な偏光方位を持った自然光（ランダ

ム偏光)が投射される。この場合、光沢物質など鏡面性が高い対象物では、計測面が完全拡散反射から大きく逸脱しているため、光の反射空間分布が大きく偏り、同一のストライプ光による反射像にもかかわらず、左右の撮像系にて取得される反射像の濃淡は大きく異なる結果となる。例えば撮像系の位置が視点A、B、Cによって反射光には反射光強度が大きな鏡面反射光と拡散反射光の両方を含む視点A(正反射方向)と拡散反射光しか含まない視点B、Cが存在する。従って左右の撮像系にて取得されるストライプ画像を比較し、その濃淡にて対象物上の対応点を決定するこの方式では、誤対応が大量に発生あるいは対応点が見つからないという問題が発生する。

【0006】

図13は偏光フィルタを用いることにより上記鏡面反射光を取り除こうとした装置の構成図である。しかしながらこの構成においても、正反射方向である視点Aにおいて観察される鏡面反射光には、ランダム偏光である投射光のランダム性が維持されているため、偏光フィルタをどのように回転調整しても鏡面反射光は除去できない。よって上述した問題は解決できないのが現状である。

【0007】

また撮像系Bと撮像系Cでは、取得される反射像は略等しくなり、このようなレイアウトにて二つの撮像系を設置すれば誤対応は減少するケースは存在する。しかしながら、このような構成であると撮像系のレイアウトに制約がある、複数の傾きを持つ対象物の場合には適応不可能である、鏡面反射光の空間分布の広がり(図12、図13にて示した比較的狭い場合(鏡面性が高い光沢物)からブロードな広がり(鏡面性が低い光沢物)に移行した場合に撮像系Bにおいても鏡面反射光の一部が観察されることによる誤対応の発生により適応できるケースは非常に狭く、現実的な構成ではない。

【0008】

以上の例では撮像系は2つの場合を例に説明したが、投光系が一つに対し撮像系が一つの構成においても同様な問題が発生する。すなわち撮像系の視点や対象物面の傾きによりパターン反射像の濃淡が変化し、投射光と撮像された反射像との対応がつかなくなり、誤対応が大量に発生あるいは対応点が見つからないとい

う問題が発生する。

【0009】

また、投光系と同一主点を有する撮像系を用いる場合にも同様な問題が発生する。これを説明するために投光系と撮像系が同一主点でない構成についての問題点をまず説明する。図14は投光系と撮像系が同一主点でない構成を示した図である。この方式の構成図を図14に示す。図14において、投光系11により光の色にて符号化された複数のストライプ光を対象物12に投射し、撮像系16により対象物12上のストライプ光をモニタする。投射されたストライプ光と撮像されたストライプ像の輝度値を比較し、同一ストライプを見つけ、三角原理にて距離を算出する。

【0010】

ここで対象物にテクスチャ（色や模様）がある場合と光沢（反射光の強度分布の偏り）がある場合について説明する。まず対象物にテクスチャがあると、撮像されたストライプ像は、対象物上のテクスチャによる影響を受け、色／明るさが投射されたストライプ光と異なるため、投射されたどのストライプ光に相当するかを判断することが困難となる。よって誤対応が発生し、距離が算出できない。これを解決するため投光系11と同主点位置に撮像系を設ける。この構成を図15に示す。同主点の撮像系16によりテクスチャ情報を取得する。同主点の撮像系16および非同主点の撮像系15により撮像されたストライプ像はともに対象物のテクスチャ情報を含んでいるので、両者を比較し対応点抽出する際、エラーの発生を抑制できる。よって対象物のテクスチャによる計測劣化の影響を低減できる。また、テクスチャ情報自体も正確に取得でき、テクスチャ付きの三次元画像を取得できる。

【0011】

このように、投光系と同主点の撮像系を設けることによりテクスチャの影響はかなり軽減できるが、上述で説明したように、光沢がある場合には対処できない。

【0012】

なお、本発明と関連する先行技術としては、光切断線を用いて被測定物の三次

元形状を測定する際に、被測定物とカメラとの間に偏光フィルタを設けて不要な光が入り込まないようにする手法がある（例えば特許文献1）。

【特許文献1】

特開 2002-162208 公報

【非特許文献1】

Chu-Song Chen, "Range data acquisition using color structured lighting and stereo vision", Image and Vision Computing 15, pp. 445-456, 1997

【0013】

【発明が解決しようとする課題】

そこで本発明では、光沢のある対象物においても距離画像の計測点数を増やしかつ計測精度を向上させる三次元画像撮像装置および方法に関する。

【0014】

【課題を解決するための手段】

本発明の一側面によれば、上述の目的を達成するために、三次元画像撮像装置に：直線偏光光を対象物に投射する投光手段と；該投光手段に対し主点を異なる位置に配置した一乃至複数の撮像手段と；該対象物からの反射光において一つの偏光方位を有する光を選択する偏光方位選択手段とを設けている。

【0015】

該一乃至複数の撮像手段は、該対象物からの反射光のうち該偏光方位選択手段にて選択された光に基づく反射像を撮像し、該反射像に基づいて該対象物の三次元形状を計測する。

【0016】

この構成においては、対象物に投射する光を直線偏光にすることにより、反射像の濃淡が、対象物の表面の法線方向や撮像手段の位置により変動するのを抑えることができる。偏光方位選択手段には例えば偏光フィルタを用いることができる。また、偏光フィルタの代わりに、反射型の偏光方位選択手段である光学部材を用いてもよい。例としてはPBSプリズムやワイヤーグリッドなどがある。

【0017】

また、この構成において、撮像手段のうちの1つを、投光手段と主点が等しいものとし、かかる同主点の撮像手段も、該対象物からの反射光のうち該偏光方位選択手段にて選択された光に基づく反射像を撮像するようにしてもよい。

【0018】

また、投影パターンがストライプである場合には、投光手段の主点と撮像手段の主点とをストライプの長さ方向にずらし、実質的に同一の主点としながら、ハーフミラー等のビームスプリッタを用いずに反射像の撮影を行い、ビームスプリッタにより明度の差等の問題を回避するようにし、このずらした撮像手段が、該対象物からの反射光のうち該偏光方位選択手段にて選択された光に基づく反射像を撮像するようにしてもよい。なお、投光手段は2以上設け、これら投光手段がストライプの長さ方向に並ぶようにすることが好ましい。

【0019】

また、この構成において、該直線偏光の偏光方位に対する該偏光方位選択手段により偏光方位の角度を相対的に変化させる角度調整手段を設けてもよい。該角度調整手段は、例えば、該投光手段を回転させる回転機構を含んでも良いし、該偏光方位選択手段を回転させる回転機構を含んでも良いし、双方を含んでも良い。

【0020】

該直線偏光の偏光方位に対する該偏光方位選択手段により偏光方位の角度は、例えば、略垂直である。

【0021】

該角度調整手段により該対象物からの反射光に含まれる鏡面反射光を除去した光からなる反射像を撮像することが好ましい。

【0022】

該投光手段は、例えば、光源と光整形光学系と偏光変換光学系とから構成されてもよいし、また、光源と光整形光学系と偏光フィルタとから構成されてもよい。

【0023】

該偏光方位選択手段は例えば偏光フィルタである。

【0024】

該直線偏光光を用いて符号化された複数のパターン光を投射するようにしてもよい。

【0025】

なお、本発明は、装置またはシステムの発明として実現できるのみでなく、方法の態様でも実現可能である。

【0026】

本発明の上述の側面および本発明の他の側面は特許請求の範囲に記載され、以下実施例を用いて詳細に説明される。

【0027】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しながら本発明の実施例を具体的に説明する。

【0028】

図1に本発明の第1の実施例の構成図を示す。図1において、本実施例における三次元画像撮影装置は、直線偏光光を投射する直線偏光投光系21と、二つの撮像系（第1の撮像系22、第2の撮像系23）および一つの偏光方位を持った光のみを選択する偏光方位選択手段としての二つの偏光フィルタ24、25と、パーソナルコンピュータ（図示しない）とを有して構成される。パーソナルコンピュータは、投光系21と第1の撮像系22、第2の撮像系23とを制御し、かつ得られた三次元画像を表示するための装置である。偏光フィルタ24、25は二つの撮像系22、23の前にそれぞれ配置した。26は三次元撮像の対象物である。

【0029】

直線偏光投光系21には、ハロゲンランプやキセノンランプ等とランプビームを集光させる役目をするリフレクタから構成される光源と、液晶プロジェクタにおいて一般に使用されているコンデンサレンズと光インテグレータ等から構成される光整形光学系と、PBS（Polarized Beam Splitter）プリズムと1/2波長板等から構成される偏光変換光学系とを用いた。この

偏光変換光学系により光源から射出される自然光（ランダム偏光）を単一の偏光方位を持った直線偏光（直線偏光）に高効率に変換した。この変換は例えば図2に示すように行われる。

【0030】

すなわち、ランダム偏光が偏光変換光学系に進入すると、偏光分離膜によりランダム偏光はP偏光（直進）とS偏光（ランダム偏光の進行方向に対し直角）に分離される。S偏光は全反射ミラーにより90度曲げられ、さらに1/2波長板によりP偏光に変換され、先の偏光分離膜により分離されたP偏光と同一の進行方向に射出される。これにより偏光変換光学系におけるランダム偏光から直線偏光への光利用率は90%程度と高く優れた変換方式と言える。

【0031】

この直線偏光投光系を用いて直線偏光光を形成し、光の濃淡や色等を用いて符号化された複数のストライプ光を対象物に投射した。

【0032】

符号化された複数のストライプ光は、液晶パネル等によるライトバルブを用いて形成してもよいし、透過率や色の違う複数のストライプが形成されたフィルムやガラス板を用いてもよい。また図2に示した偏光変換光学系の光射出側に新たに1/2波長板（図示しない）を設けてもよい。これは後で示す直線偏光投射光の偏光方位の調整に用いる一つの手段となる。

（撮像系には、高感度な撮像カメラを用いた。偏光方位選択手段には、検光子として機能する偏光フィルタを用いた。）

【0033】

次に図3にて本実施例により計測エラーが減少するメカニズムを説明する。直線偏光投光系21を用いて直線偏光光を形成し、符号化された複数のストライプ光を対象物に投射する（投射光：直線偏光）。ここで対象物の表面状態により、物体表面からの反射光の反射状態は大きく異なる。紙や石膏、陶器等の物体ではその表面が完全拡散反射面に近いいため反射光は拡散反射成分が支配的である。一方光沢がある塗装、プラスチック、OA製品に良く用いられている梨地塗装、表面塗装された木製部材、ヘアラインや梨地等の表面加工された金属表面、フラ

ットな金属表面では、反射光成分には拡散反射成分に加え鏡面反射光が含まれ、結果として光の反射空間分布が偏る。各部材表面の光沢度が大きくなるのに従い、鏡面反射光の反射光に占める割合は増加し、光の反射空間分布の偏りも大きくなる。この現象は投射光の入射方向に対する正反射方向を中心にして現われる。正反射方向においては鏡面反射光と拡散反射光が観察され、光沢度が大きくなるのに伴い、鏡面反射光の強度は増加し、拡散反射光は減少する。またこの正反射方向における鏡面反射光は投射光の直線偏光状態が維持され（直線偏光）、拡散反射光は偏光方位が一定ではないランダムな偏光となる。

【0034】

撮像系Aの視点を正反射方向に設置し反射像を撮像した。この撮像系Aの撮像面の手前に偏光フィルタを設置し、偏光フィルタの透過軸を鏡面反射光の偏光方位と略垂直になるように偏光フィルタを回転調整した。偏光フィルタの回転角度は固定で、直線偏光投光系を投光中心にて回転して調整しても構わない。撮像系Aでは、偏光フィルタにより鏡面反射光はカットされ、拡散反射光の中で偏光フィルタの透過軸と同一の偏光方位を持った光からなる反射像だけが撮像される。

【0035】

撮像系B、Cの手前にも偏光フィルタを設置し、撮像系Aの場合と同様に偏光フィルタの偏光方位と鏡面反射光の偏光方位とが略垂直の関係になるように調整した。撮像系B、Cにおいても拡散反射光の中で偏光フィルタの透過軸と同一の偏光方位を持った光からなる反射像だけが撮像される。比較的低光沢な対象物の場合、鏡面反射光の空間分布は広がるため撮像系Bの視点Bの方向においても鏡面反射光の一部が反射されるが、撮像系Aの場合と同様な理由により拡散反射光の中で偏光フィルタと同一の偏光方位を持った光からなる反射像だけが撮像される。

【0036】

このようにして取得されたストライプ反射像は、視点A、B、Cにおいて同一のストライプ光による反射像にもかかわらず、反射像の濃淡あるいは色が大きく異なる従来の装置とは違い、同一の明るさあるいは色を持ったストライプ画像が取得される。従って左右の撮像系にて取得されるストライプ画像を比較し、その

濃淡あるいは色にて対象物上の対応点を決定する際に、精度良く対応点を決定できる。

【0037】

図4は本発明の第2の実施例である。直線偏光投光系31は光源（図示しない）と光整形光学系（図示しない）と偏光フィルタ32とから構成される。光源から投射される光は偏光方位が一定でない自然光（ランダム偏光）であるが、偏光フィルタ32にて単一の偏光方位のみを選択することにより、直線偏光投光系31を構成した。この実施例の特徴として、第1の実施例に比べ直線偏光投光系31を小型、安価に作製でき、また偏光方位の回転調整を投光系手前に設置した偏光フィルタ32にて簡単に行える点が挙げられ、小型、軽量、安価なシステムに適した構成と言える。光整形光学系を省いてもよく、この場合、更なる小型、軽量、安価なシステムが作製できる。

【0038】

第1の実施例および第2の実施例は、二つの撮像系にて構成されているが、一つの撮像系にて構成されても構わない。この場合、投射光と撮像された反射像との対応を取ればよい。

【0039】

第1の実施例および第2の実施例において、直線偏光光には、単一の偏光方位を持った光の例を示したが、これは複数あっても構わない。第1の実施例における偏光変換光学系では、ランダム偏光をP偏光とS偏光に分けた後、 $1/2$ 波長板を用いてS偏光をP偏光に変換している。装置のコストや大きさの制約から $1/2$ 波長板を省いて偏光方位が直行するP、S偏光をそのまま投射しても構わない。その場合、鏡面反射光の偏光方位と偏光フィルタの透過軸の角度調整は、P、S偏光に対応した鏡面反射光の偏光方位と同一にならないように調整する。

【0040】

また第1の実施例および第2の実施例において、濃淡や色等により符号化した投射パターンには、横方向に並んだ複数のストライプから構成したが、本発明ではこれに留まらず縦方向にも濃淡や色等により分割した符号化したパターンを用いてもよい。

【0041】

こらら第1の実施例や第2の実施例では、形状計測ともに対象物の輝度情報も取得可能である。符号化パターンから白色光に切り替えた状態で対象物に光を投射し、あるいは投光系を使用せず外部の照明装置により、最適な照明光を照射することにより対象物の質感を高めた状態で、本実施例で示した装置により対象物の輝度情報を取得する。これにより、距離情報のみならず輝度情報も取得が可能になり、対象物の形状データに輝度データを貼り付けて表示する3Dコンテンツ制作の際のデータ提供も可能になる。

【0042】

図5は本発明の第1の実施例の効果を従来の三次元画像撮像装置と比較して示した図である。横軸に鏡面光沢度、縦軸に算出率を示してある。ここで鏡面光沢度は正反射方向の反射光束が光沢度に比例するものとして定義され、標準面の反射光束との比で表される。標準面（屈折率1.567のガラス）の光沢度 G_{os} を100とし、標準面の反射光束 ϕ_{os} 、試料の反射光束 ϕ_s とした場合、鏡面光沢度 G_{os} は、 $G_s = (G_{os} / \phi_{os}) \cdot \phi_s$ として現される。

【0043】

計測装置としては（株）堀場製作所の *g l o s s c h e c k e r I G - 3 3 0* を用いた。

【0044】

算出率は撮像系にて撮像した計測対象箇所の全画素数に対して、計測された距離画素数の比率とした。石膏や紙等の鏡面光沢度が10以下の拡散反射特性が支配的な反射面では、両装置ともに高い算出率が得られているが、従来の三次元画像撮像装置では鏡面光沢度が上昇するに従い算出率が急激に低下し、鏡面光沢度60前後ではほぼ0%となり形状を計測することができない。算出率は鏡面光沢度60以降において多少回復し再び下降する。これに対し本発明の三次元画像撮像装置では鏡面光沢度100程度まで全域に渡り80%以上の高い算出率を達成している。これは鏡面光沢度100程度までは本発明の偏光光学系により、光沢面にて反射された鏡面反射光を除去でき、鏡面反射領域を抑制できたことによるものである。算出率は鏡面光沢度100以降からなだらかに下降する。これは拡散

反射光が減少することにより、撮像系にて取得される反射像のコントラストが極端に低下することによる。取得されたストライプ画像のコントラストが低下するとストライプ間の濃淡あるいは色の差が少なくなり、対応点の抽出精度が低下し、形状データが算出できなくなる。また従来の三次元画像撮像装置において鏡面光沢度 60 付近から算出率が一時的に上昇するのは、光沢物の反射特性が鏡面反射光の反射領域が広いブロードな鏡面反射特性から鏡面反射光の反射領域が狭いスパイク状の反射特性に移行することによるものである。スパイク状の反射特性に移行することにより、鏡面反射領域が減少する（拡散反射領域が増加する）ため対応点抽出の精度が一時的に上昇する。

【0045】

鏡面光沢度が 0 から 100 の間には、図 6 に示した石膏、紙等の低光沢物から各種工業部品に使用されている金属梨地加工品、プロジェクタやノート PC、携帯電話等の表面塗装に使用されている梨地塗装品、玩具や各種工業部品等に使用されているマット塗装品、表面塗装された木製部材、プラスチック部材、各種工業部品等に使用されている金属ヘアライン加工品等がある。本発明の実施例によれば、これら対象物の形状データを良好に取得でき、しかも形状データに加え輝度データも取得できるので、3D コンテンツ制作の際、コンテンツ対象が大幅に広がる。その結果、従来では 3DCG により長時間かかった作製時間を大幅に短縮できる大きなメリットがある。

【0046】

つぎに本発明の第 3 の実施例について説明する。この第 3 の実施例は後述する第 4 の実施例とともに、投光系と主点を同じくする撮像系を用いるものである。

【0047】

図 7 に本発明の第 3 の実施例の構成図を示す。図 7 において、本実施例における三次元画像撮影装置は、直線偏光光を対象物に投射する投光手段（直線偏光投光系）41 と投光手段 41 の主点位置に対し略同主点に配置された同主点撮像手段（例えば同主点カメラ）42 と、投光手段 41 の主点位置に対し同主点でない位置に配置された非同主点撮像手段（例えば非主点カメラ）43 と、投光手段 4

1 と同主点撮像手段 4 2 を光学的に同主点位置に配置させるためのハーフミラー 4 4 と、同主点および非同主点撮像手段 4 2, 4 3 の前に配置され、一つの偏光方位を有する光を選択する偏光方位選択手段（例えば偏光フィルタ）4 5 と、パーソナルコンピュータ（図示しない）とを有して構成される。パーソナルコンピュータは、投光手段 4 1 と同主点および非同主点撮像手段 4 2 を制御し、かつ得られた三次元画像を表示するための装置である。

【0048】

直線偏光光を投射する直線偏光投光系（投光手段 4 1）には、図 2 と同様な構成を採用することができる。すなわち、ハロゲンランプやキセノンランプ等とランプビームを集光させる役目をするリフレクタから構成される光源と、液晶プロジェクタにおいて一般に使用されているコンデンサレンズと光インテグレータ等から構成される光整形光学系と、PBS プリズムと 1/2 波長板等から構成される偏光変換光学系とを用いた。この偏光変換光学系により光源から射出される自然光（ランダム偏光）を単一の偏光方位を持った直線偏光に高効率に変換した。

【0049】

同主点および非同主点撮像手段 4 2, 4 3 には、高感度な撮像カメラを用いた。偏光方位選択手段 4 3 には、検光子として機能する偏光フィルタを用いた。

【0050】

次に本実施例により計測エラーが減少するメカニズムを説明する。まず対象物にテクスチャがある場合について示す。

【0051】

同主点および非同主点カメラにより、投光系にて投射された符号化ストライプパターン光をモニタする。同主点および非同主点カメラにて撮像されるストライプ像を比較し、対応するストライプを抽出し、三角原理にて距離を算出する。ここで、同主点カメラは投光系と同主点位置に配置されているので、同主点カメラにて撮像されたストライプ像は、対象物の形状に攪乱されることなく投射されたストライプ光と同様に観測される。また同主点および非同主点カメラにて撮像されるストライプ像は、対象物のテクスチャによる色／明るさの変化情報を共に含んでいる。よって二つの画像を比較し距離計測する際に対象物のテクスチャに起

因するエラーの発生は抑えられる。

【0052】

次に対象物に光沢がある場合について図8を用いて説明する。基本的には第1の実施例および第2の実施例の場合と同様である。

【0053】

直線偏光投射光系を用いて直線偏光光を形成し、符号化された複数のストライプ光を対象物に投射する（投射光：直線偏光）。同主点および非同主点カメラ1、非同主点カメラ2の手前には偏光フィルタを配置し、偏光フィルタの透過軸を直線偏光投射光の偏光方位と略垂直になるように回転調整する。同主点カメラと非同主点カメラ1あるいは同主点カメラと非同主点カメラ2にて撮像されるストライプ像を比較し、対応するストライプを抽出し、三角原理にて距離を算出する。ここで計測面に光沢がある場合、計測面から反射する反射光の強度分布は大きく異なる。これは正反射方向の反射光には、拡散反射光に加え鏡面反射光が含まれからであり、反射強度分布は図8に示したような偏りが生じる。一方、視点が正反射方向から外れると鏡面反射光は減少もしくは無くなる。拡散反射光は視点によらず一様に反射される。またこの正反射方向における鏡面反射光は投射光の偏光状態が維持される。すなわち鏡面反射光は直線偏光からなる。一方、拡散反射光は偏光方位が一定ではないランダム偏光に移行する。よって正反射方向に配置された非同主点カメラ2には、偏光フィルタにより鏡面反射光がカットされ拡散反射光のうち偏光フィルタの透過軸と同一方位の光のみが進入する。正反射方向でない方向に配置された同主点カメラおよび非同主点カメラ1では、偏光フィルタにより拡散反射光のうち偏光フィルタの透過軸と同一方位の光のみが撮像カメラに進入する。従って、このように投射光に直線偏光を用い偏光フィルタの透過軸を調整すれば、カメラの視点に寄らず鏡面反射光が除去されたストライプ像が撮像できる。よって同主点カメラと非同主点カメラ1あるいは同主点カメラと非同主点カメラ2から撮像された二つのストライプ像を比較し距離計測する際に、対象物の光沢に起因するエラーの発生は抑えられる。

【0054】

この実施例でも、偏光フィルタの透過軸を回転調整し、直線偏光投射光の偏光

方位と略垂直になるようにしたが、偏光フィルタは固定で直線偏光投光系を投光中心にて回転して調整しても構わない。また、先に示した偏光変換光学系の光射出側に設けた 1/2 波長板単体を回転して調整しても構わない。

【0055】

図9は本発明の第4の実施例である。直線偏光投光系51は光源（図示しない）と光整形光学系（図示しない）と偏光フィルタ52とから構成される。光源から投射される光は偏光方位が一定でない自然光（ランダム偏光）であるが、偏光フィルタ52にて単一の偏光方位のみを選択することにより、直線偏光光を投射した。この実施例の特徴として、第3の実施例に比べ直線偏光投光系を小型、安価に作製でき、また偏光方位の調整を投光系手前に設置した偏光フィルタにて簡単に行える点が挙げられ、小型、軽量、安価なシステムに適した構成と言える。光整形光学系を省いてもよく、この場合、更なる小型、軽量、安価なシステムが作製できる。

【0056】

第3の実施例および第4の実施例においても、直線偏光光は、単一の偏光方位を持った投射光の例を示したが、これは複数あっても構わない。第3の実施例における偏光変換光学系では、ランダム偏光をP偏光とS偏光に分けた後、1/2波長板を用いてS偏光をP偏光に変換している。装置のコストや大きさの制約から1/2波長板を省いて偏光方位が直行するP、S偏光をそのまま投射しても構わない。その場合、鏡面反射光の偏光方位と偏光フィルタの透過軸の角度調整は、P、S偏光に対応した鏡面反射光の偏光方位と同一にならないように調整する。

【0057】

また第3の実施例および第4の実施例においても、濃淡や色等により符号化したストライプパターンには、横方向に並んだ複数のストライプから構成したが、本発明ではこれに留まらず縦方向にも濃淡や色等により分割した符号化したパターンを用いてもよい。

【0058】

これら第3の実施例および第4の実施例でも、形状計測ともに対象物の輝度情

報も取得可能である。符号化ストライプパターンから白色光に切り替えた状態で対象物に光を投射し、あるいは投光系を使用せず外部の照明装置により、最適な照明光を照射することにより対象物の質感を高めた状態で、本実施例で示した装置により対象物の輝度情報を取得する。これにより、距離情報のみならず輝度情報も取得が可能になり、対象物の形状データに輝度データを貼り付けて表示する 3D コンテンツ制作の際のデータ提供も可能になる。

【0059】

また、図 10 に示すように、直線偏光投光系 60、61 を複数設け、これら直線偏光投光系 60、61 の主点がストライプ方向に同主点カメラ 62 の主点と並ぶようにする場合にも、同様に構成をとることができる。図 10 では非同主点カメラは示されていない。カメラ 62 等には偏光フィルタ 63 が設けられている。この場合も、同様の効果を達成できる。なお、図 10 において、上側または下側の一方の直線偏光投光系のみを用いてもよいし、3 個以上の直線偏光投光系を同主点カメラ 62 とストライプ方向に揃えるようにしてもよい。また、すべての実施例にて偏光方位選択手段として透過型の偏光方位選択手段である偏光フィルタを用いたが、偏光フィルタの代わりに、反射型の偏光方位選択手段である光学部材を用いてもよい。例としては PBS プリズムやワイヤーグリッドなどがある。

【0060】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、偏光光学系を用いることにより光沢のある対象物においても計測点数が増え、かつ計測精度が向上した距離画像を一括にて取得でき、例えば、3D コンテンツの作製時間を大幅に短縮できる三次元画像撮像装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 の実施例における三次元画像撮像装置の構成図である。

【図 2】 上述の実施例で用いる偏光変換光学系の例を説明する図である。

【図 3】 本実施例により計測エラーが減少するメカニズムを説明する図で

ある。

【図 4】 本発明の第 2 の実施例における三次元画像撮像装置の構成図である。

【図 5】 本発明の効果を従来の三次元画像撮像装置と比較して示した図である。

【図 6】 各種材料の表面の鏡面光沢度の例を示す図である。

【図 7】 本発明の第 3 の実施例における三次元画像撮像装置の構成図である。

【図 8】 本実施例により計測エラーが減少するメカニズムを説明する図である。

【図 9】 本発明の第 4 の実施例における三次元画像撮像装置の構成図である。

【図 10】 上述第 3 の実施例の変形例を説明する図である。

【図 11】 従来の三次元画像撮像装置の構成図である。

【図 12】 従来の三次元画像撮像装置の計測エラーが発生するメカニズムを説明する図である。

【図 13】 従来の別の三次元画像撮像装置の構成図である。

【図 14】 従来の投光系と撮像系が同一主点でない三次元画像撮像装置の構成図である。

【図 15】 従来の同主点撮像系を用いる三次元画像撮像装置の構成例を示す図である。

【符号の説明】

- 1 1 投光系
- 1 2 対象物
- 1 3 第 1 の撮像系
- 1 4 第 2 の撮像系
- 2 1 直線偏光投光系
- 2 2 第 1 の撮像系
- 2 3 第 2 の撮像系

2 4 , 2 5 偏光フィルタ

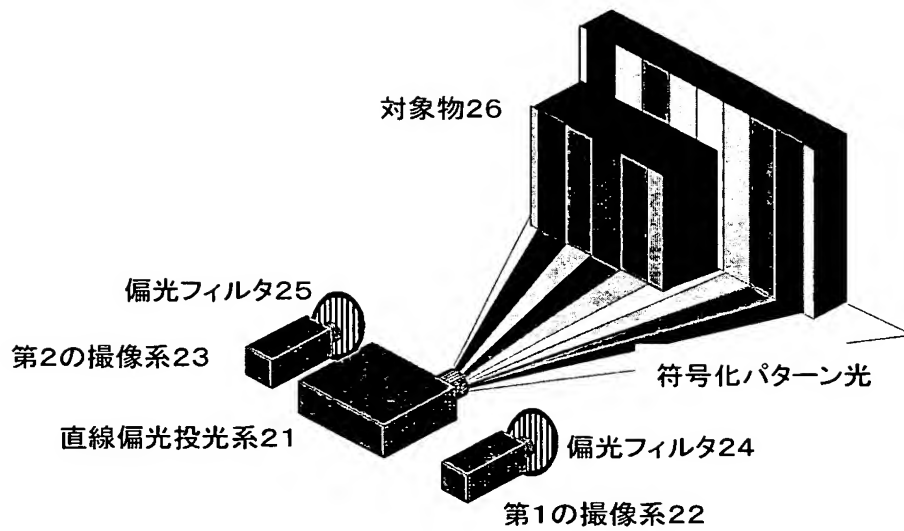
2 6 対象物

3 1 直線偏光投光系

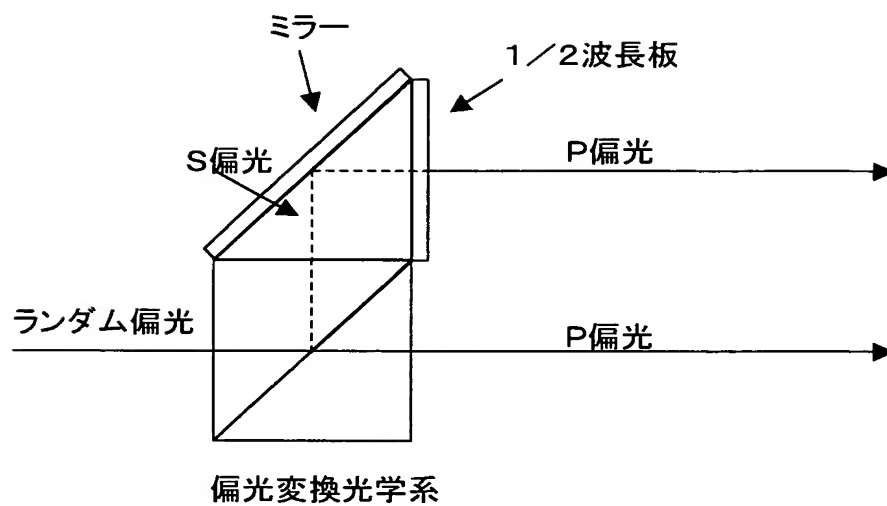
3 2 偏光フィルタ

【書類名】 図面

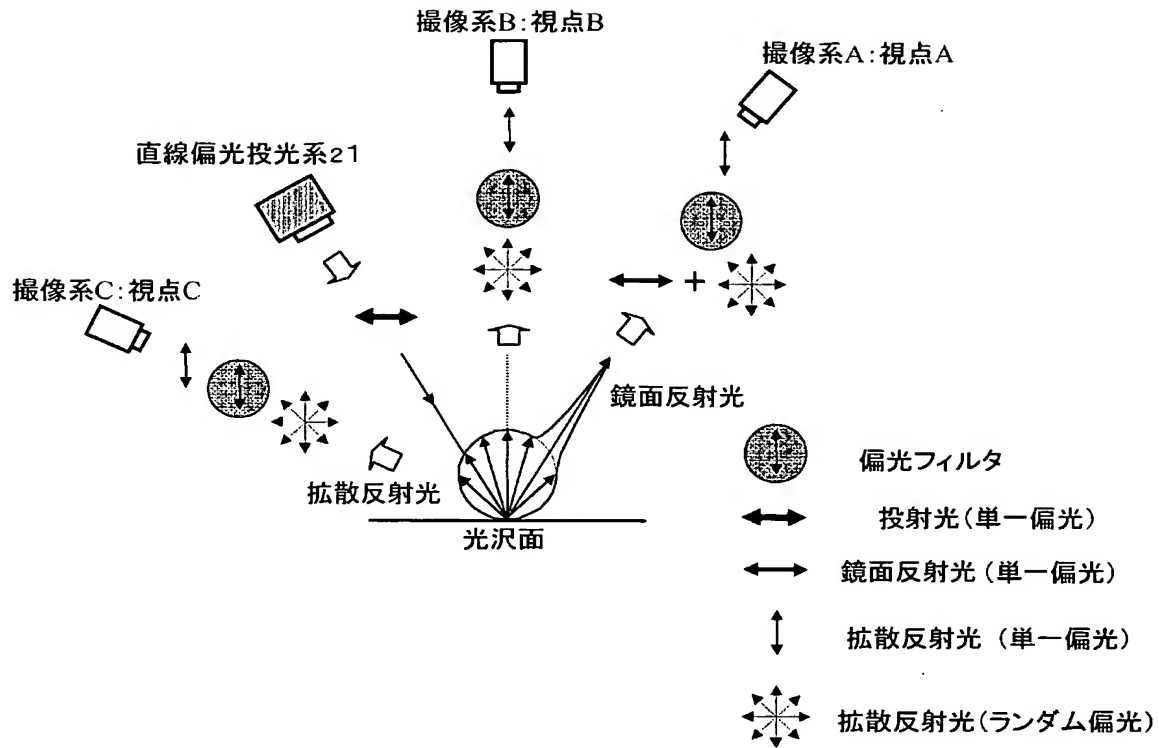
【図 1】



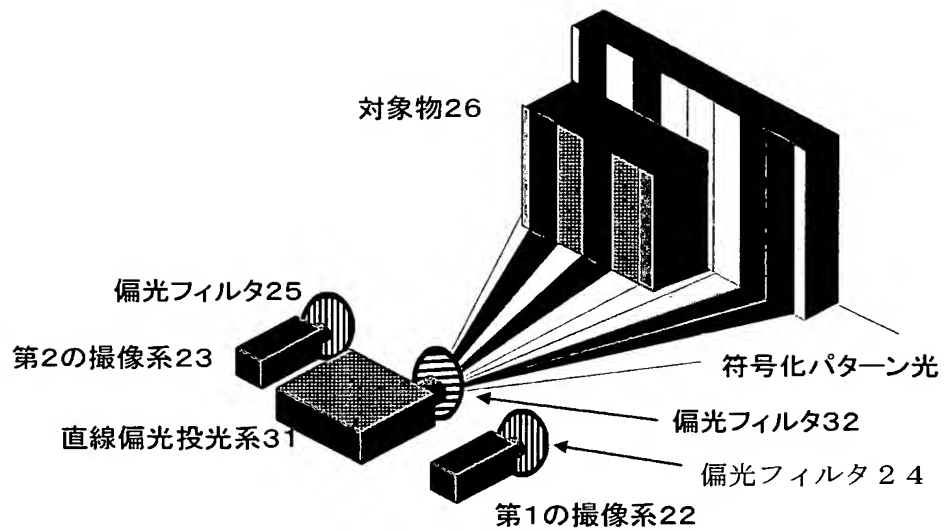
【図 2】



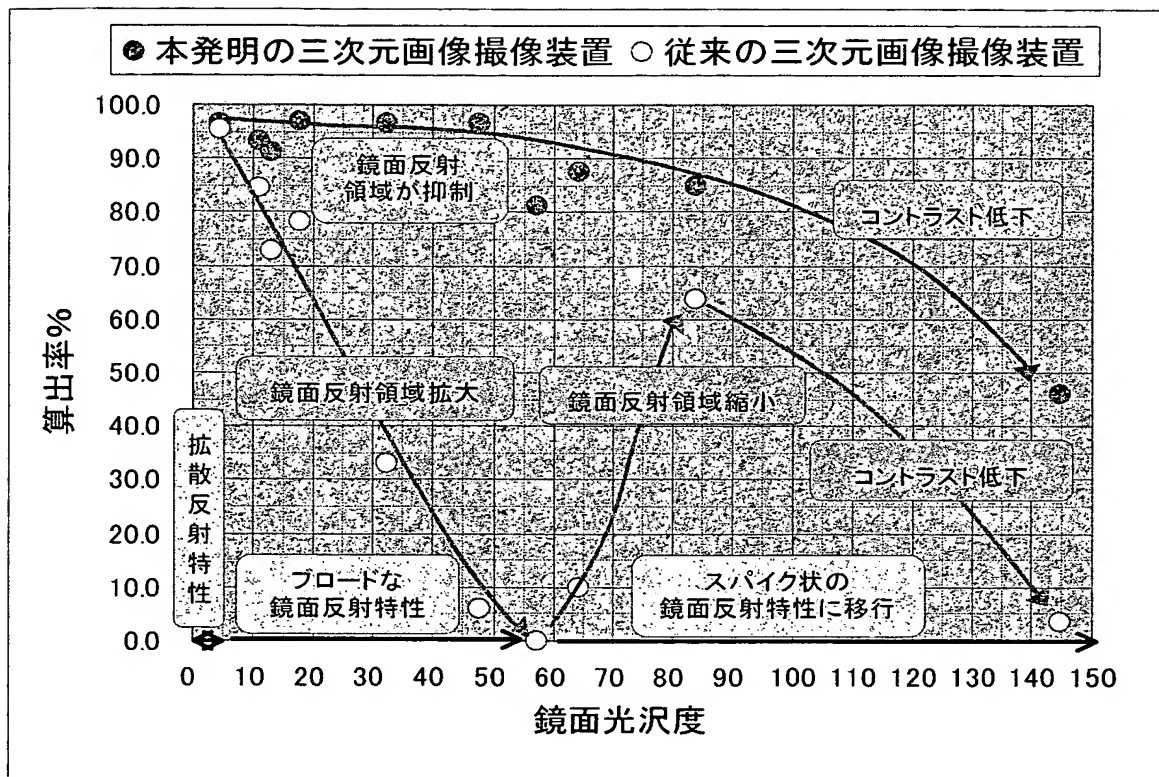
【図 3】



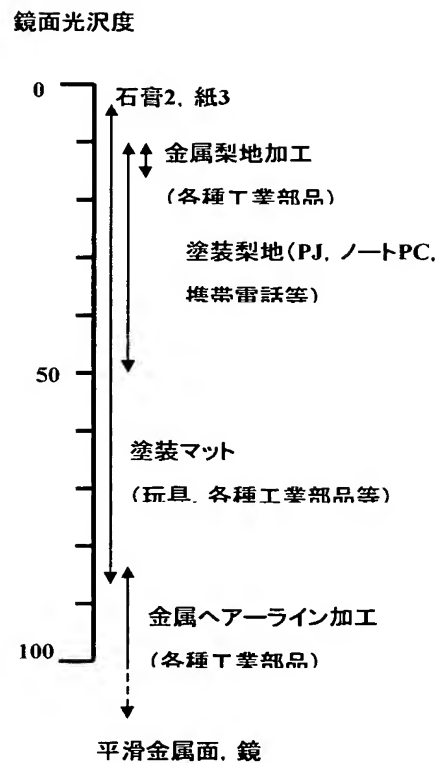
【図 4】



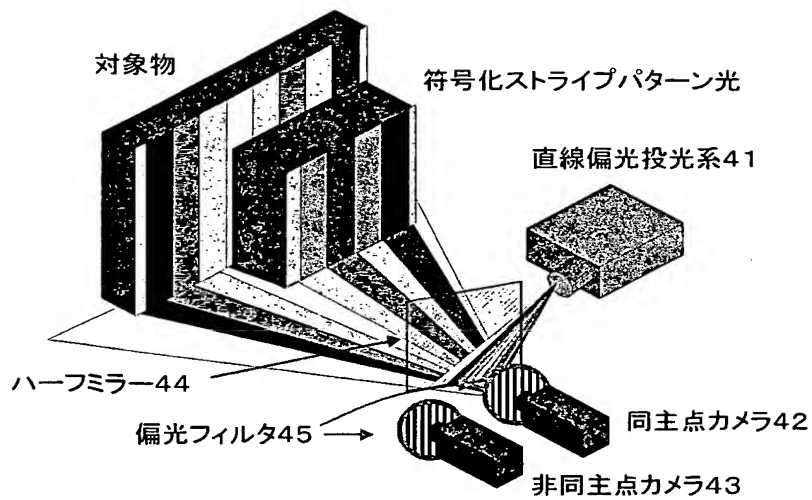
【図 5】



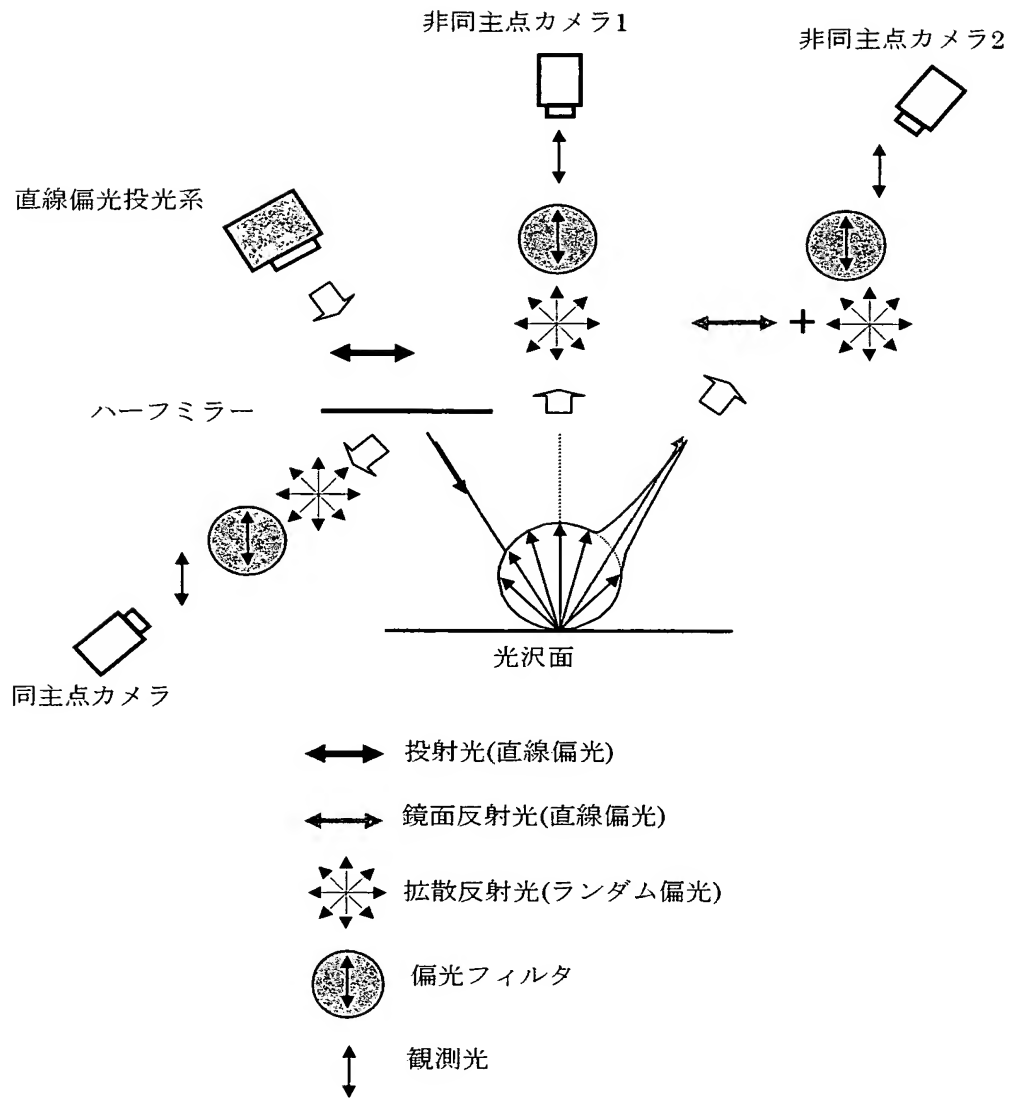
【図 6】



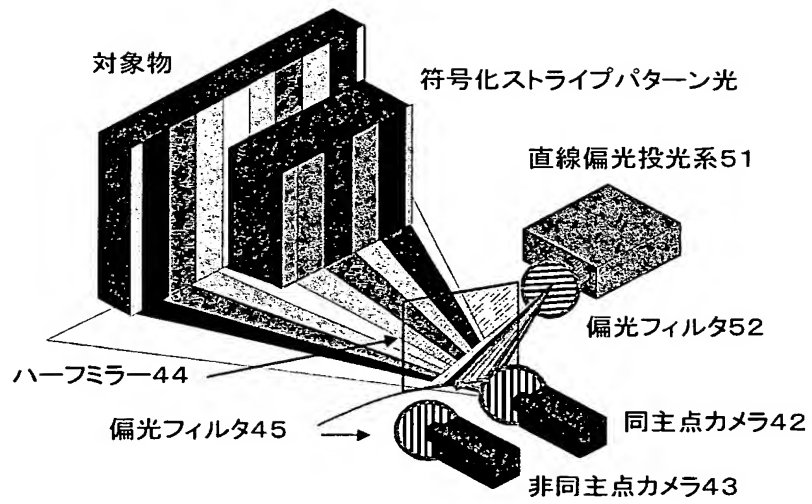
【図 7】



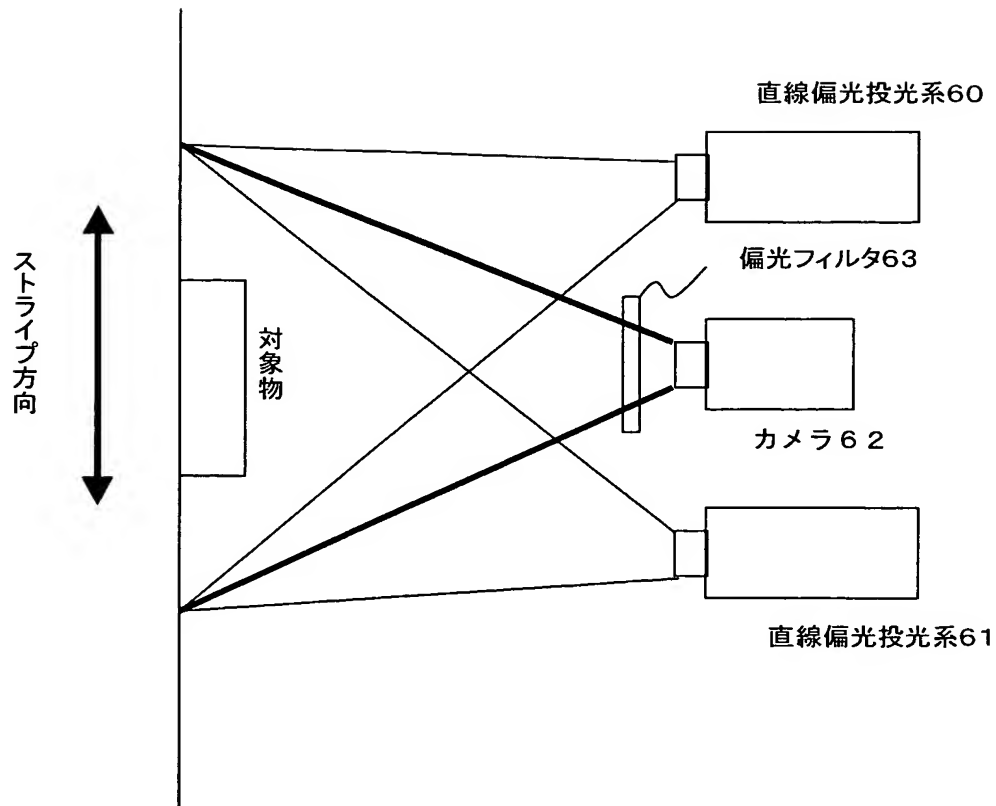
【図 8】



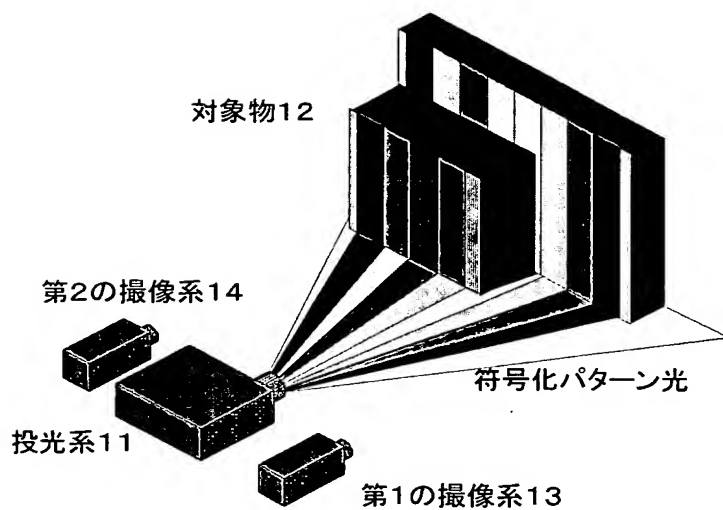
【図 9】



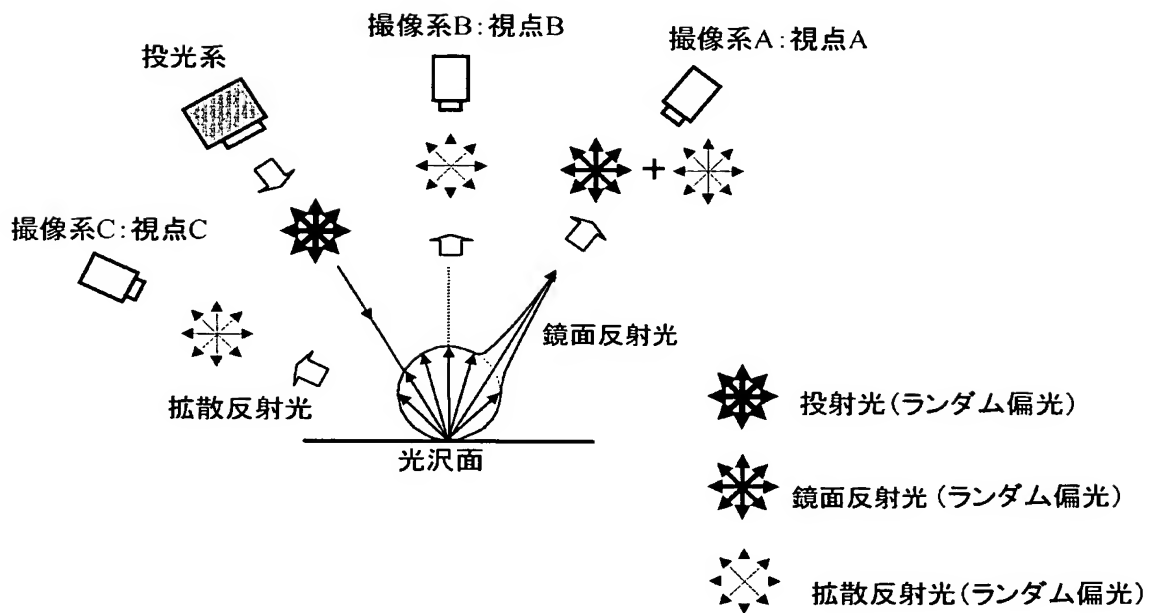
【図 10】



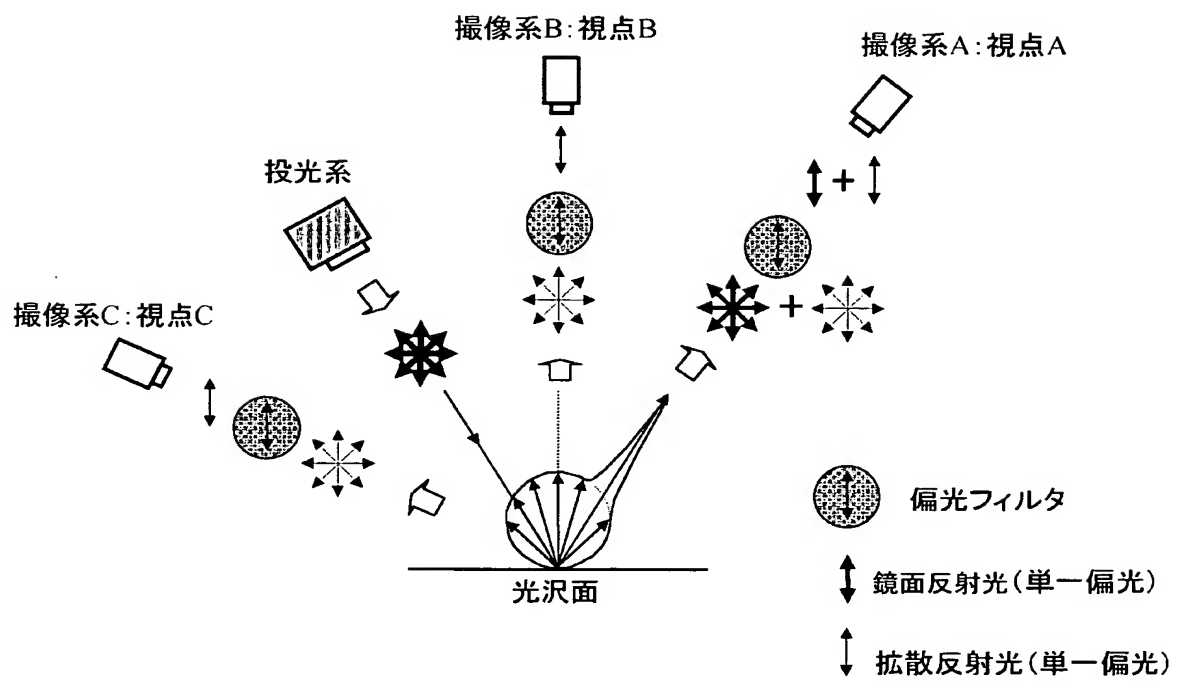
【図 1 1】



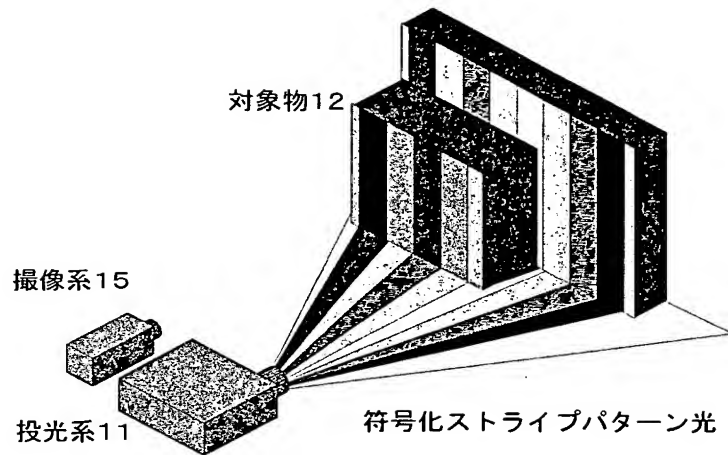
【図 1 2】



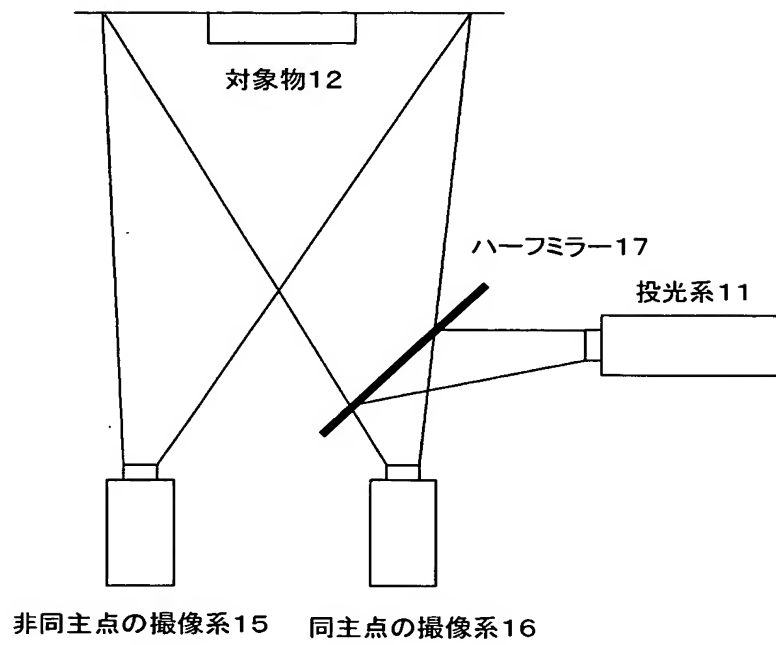
【図 13】



【図 14】



【図 15】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光沢のある対象物においても計測点数を増やしかつ計測精度を向上させる。

【解決手段】 直線偏光投光系 2 1 により直線偏光光を対象物 2 2 に投射し、対象物 2 6 からの鏡面反射光を除去する偏光フィルタ 2 4、2 5 を用い、鏡面反射光を除いた反射像を視点の違う一乃至複数の撮像系 2 2、2 3 にて撮像する。光沢のある対象物においても計測点数が増え、かつ計測精度が向上した距離画像を一括にて取得できる。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-079167
受付番号	50300464663
書類名	特許願
担当官	第一担当上席 0090
作成日	平成15年 3月26日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000005496
【住所又は居所】	東京都港区赤坂二丁目17番22号
【氏名又は名称】	富士ゼロックス株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】	100086531
【住所又は居所】	東京都中央区新富1-1-7 銀座ティーケイビル6階 澤田・宮田・山田特許事務所
【氏名又は名称】	澤田 俊夫

【選任した代理人】

【識別番号】	100093241
【住所又は居所】	東京都中央区新富1-1-7 銀座ティーケイビル6階 澤田・宮田・山田特許事務所
【氏名又は名称】	宮田 正昭

【選任した代理人】

【識別番号】	100101801
【住所又は居所】	東京都中央区新富1-1-7 銀座ティーケイビル6階 澤田・宮田・山田特許事務所
【氏名又は名称】	山田 英治

次頁無

特願 2 0 0 3 - 0 7 9 1 6 7

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 4 9 6]

1. 変更年月日

1 9 9 6 年 5 月 2 9 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都港区赤坂二丁目 1 7 番 2 2 号

氏 名

富士ゼロックス株式会社